

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-277862  
 (43)Date of publication of application : 06.10.2000

(51)Int.Cl. H01S 5/323  
 H01L 33/00

(21)Application number : 11-077386  
 (22)Date of filing : 23.03.1999

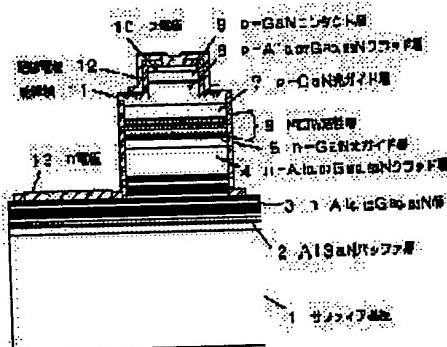
(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD  
 (72)Inventor : KIDOGUCHI ISAO  
 OTSUKA NOBUYUKI  
 BAN YUZABURO

## (54) NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To stabilize the transversal mode of a nitride semiconductor device in the vertical direction by placing between a substrate and a clad layer a GaN semiconductor layer containing Al equal to or higher than the Al composition of the clad layer.

**SOLUTION:** A buffer layer 2 is deposited on a sapphire substrate 1, and between the sapphire substrate 1 including the deposited buffer layer 2 and a clad layer 4 an AlGaN layer 3 containing Al equal to or higher than the Al composition of the clad layer 4 is formed. A GaN optical guide layer 5, a multiple quantum well active layer 6, a GaN optical guide layer 7, a clad layer 8, and a GaN contact layer 9 are formed thereon in this order. As a result, cracking is suppressed and vertical transversal mode is stabilized at the same time.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.04.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3454181

[Date of registration] 25.07.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-277862  
(P2000-277862A)

(43)公開日 平成12年10月6日(2000.10.6)

(51)Int.Cl.  
H 01 S 5/323  
H 01 L 33/00

識別記号

F I  
H 01 S 3/18  
H 01 L 33/006 7 3 5 F 0 4 1  
C 5 F 0 7 3

テ-マ-ト(参考)

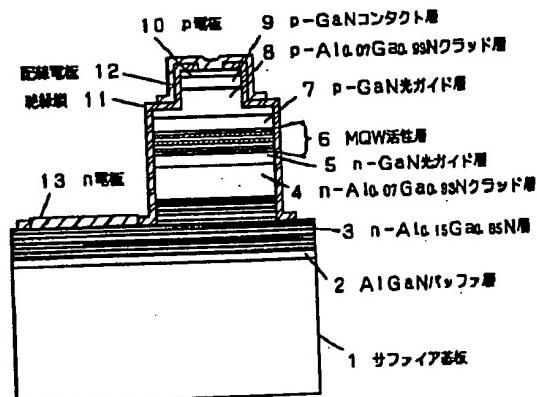
審査請求 有 請求項の数 6 OL (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平11-77386  
(22)出願日 平成11年3月23日(1999.3.23)(71)出願人 000005821  
松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地  
(72)発明者 木戸口 熊  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72)発明者 大冢 信之  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(74)代理人 100097445  
弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

最終頁に統く

## (54)【発明の名称】空化物半導体素子

## (57)【要約】

【課題】光の閉じ込めを向上させることにより、垂直  
横モードが安定なGaN系半導体レーザーを提供する。【解決手段】基板上にn-Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>N第一クラッ  
ド層、活性層、p-Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>N第二クラッド層が積  
層されており、さらに、第一クラッド層と基板との間に  
第一クラッド層よりもAl組成の高い(または等しい)  
AlGaN層を形成することにより、活性層への光閉じ  
込めを向上させ、かつ、結晶へのクラック発生を抑制す  
ることができる。

(2)

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】活性層と、該活性層を挟むクラッド層とを備えた窒化物半導体素子であって、該活性層と基板との間に第一のクラッド層がAlを含有しており、さらに該第一のクラッド層と基板との間に、該第一のクラッド層のAl組成と等しいか、あるいは該第一のクラッド層のAl組成より高いAlを含有する窒化物半導体層（ただし、バッファーレー層は除く）を有している窒化物半導体素子。

【請求項2】活性層と、該活性層を挟むクラッド層構造とを備えた窒化物半導体素子であって、該クラッド層構造と基板との間に薄膜多層構造を有しており、該薄膜多層構造は高Al組成の層と低Al組成の層から構成されており、該薄膜多層構造の平均Al組成が該クラッド層構造の平均Al組成と等しいか、あるいは該クラッド層構造の平均Al組成より高い平均Al組成を有する窒化物半導体素子。

【請求項3】薄膜多層構造を構成している層の厚さが $\lambda/4n$ 以下である請求項2に記載の窒化物半導体素子。

【請求項4】活性層と、該活性層を挟むクラッド層構造とを備えた窒化物半導体素子であって、該クラッド層構造と基板との間に薄膜多層構造を有しており、該薄膜多層構造は高Al組成の層と低Al組成の層から構成されており、該薄膜多層構造の平均Al組成が該クラッド層構造の平均Al組成と等しいか、あるいは該クラッド層構造の平均Al組成より高い平均Al組成を有しており、薄膜多層構造を構成している高Al組成の層と低Al組成の層のいずれかに不純物が添加してある窒化物半導体素子。

【請求項5】薄膜多層構造を構成している高Al組成の層に不純物が添加してある請求項4に記載の窒化物半導体素子。

【請求項6】高Al組成の層が $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0.1 < x \leq 1$ )であることを特徴とする請求項2から5のいずれかに記載の窒化物半導体素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光情報処理分野などの応用が期待されている半導体レーザなどのGaN系半導体発光素子および製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】V族元素に窒素(N)を有する窒化物半導体は、そのバンドギャップの大きさから、短波長発光素子の材料として有望視されている。中でも窒化ガリウム系化合物半導体(GaN系半導体:  $Al_xGa_yIn_zN$  ( $0 \leq x, y, z \leq 1, x+y+z=1$ ))は研究が盛んに行われ、青色発光ダイオード(LED)、緑色LEDが実用化されている。また、光ディスク装置の大容量化のために、400nm帯に発振波長を有する半導体レーザが熱望されており、GaN系半導体を材料とする半導体レーザが注目され現在では実用レベルに達しつつある。

【0003】図5はレーザ発振が達成されているGaN系半導体レーザの構造断面図である。サファイア基板501上に有機金属気相成長法(MOVPE法)によりGaNバッファ層502、n-GaN層503、n-AlGaNクラッド層504、n-GaN光ガイド層505、 $Ga_{1-x}In_xN/Ga_{1-y}In_yN$  ( $0 < y < x < 1$ )から成る多重量子井戸(MQW)活性層506、p-GaN第2光ガイド層507、p-AlGaNクラッド層508、p-GaNコンタクト層509が成長される。そしてp-GaNコンタクト層509上に幅3から10ミクロン程度の幅のリッジストライプが形成され、その両側はSiO<sub>2</sub>511によって埋め込まれる。その後リッジストライプおよびSiO<sub>2</sub>511上に例えばNi/Auから成るp電極510、また一部をn-GaN層503が露出するまでエッチングした表面に例えばTi/Alから成るn電極512が形成される。本素子においてn電極512を接地し、p電極510に電圧を印可すると、MQW活性層506に向かってp電極510側からホールが、またn電極512側から電子が注入され、前記MQW活性層506内で光学利得を生じ、発振波長400nm帯のレーザ発振を起こす。

MQW活性層506の材料である $Ga_{1-x}In_xN/Ga_{1-y}In_yN$ 薄膜の組成や膜厚によって発振波長は変化する。現在室温以上での連続発振が実現されている。

【0004】このレーザはリッジストライプの幅と高さを制御することによって、水平方向の横モードにおいて基本モードでレーザ発振するような工夫が成される。すなわち、基本横モードと高次モード(1次以上のモード)の光閉じ込め係数に差を設けることで、基本横モードでの発振を可能としている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、垂直方向の横モード(垂直横モード)においては課題が残されている。図6は、図5に示す半導体レーザの構成材料の垂直方向の屈折率分布と光の分布を示したものである。活性層および光ガイド層の部分に大きな光強度を持たせるためには、6次のモードにならざるを得ない。これは、図5のレーザに2つのコア(屈折率の高い部分)が存在するためである。すなわち、第1のコアが活性層および光ガイド層で、第2のコアがGaN層(サファイア基板とクラッド層の間の層)である。

【0006】6次モードでレーザ発振すると、遠視野像(FFP)においても多数の発光点が結像することになる。したがって、レンズ等で集光する場合、単一のスポットには絞れなくなる。これを解決する方法として、(1) AlGaN第一クラッド層(図5におけるn-AlGaNクラッド層504)を厚くする方法、(2) AlGaN第一クラッド層のAl組成を向上させる方法、が考えられる。いずれも活性層および光ガイド層の外部に染み出す光の量を低減するのに効果的である。

【0007】ところが、上記(1)(2)の方法を試み

(3)

3

ても、新たな課題が生じてくる。GaN層上に厚い、またはAl組成の高いAlGaN層を堆積する場合、冷却時にクラック(割れ)が生じてしまう。この原因は明らかではないが、サファイア基板、GaN、AlGaNの熱膨張係数の違いに起因しているものと考えられる。クラックの生じたAlGaN上に活性層を堆積すると、均一性の低下、信頼性の低下などの不具合を生じることになる。

**【0008】**本発明は上記の事情を鑑みてなされたものであり、垂直方向の横モードの安定な窒化物半導体素子を提供するものである。特に光ディスク用レーザへの応用において効果的である。

**【0009】**

【課題を解決するための手段】本発明の窒化物半導体素子は、基板とクラッド層との間に、該クラッド層のAl組成と等しいか、あるいは該クラッド層のAl組成より高いAlを含有するGaN系半導体層を有している。ただし、バッファー層は除く。

**【0010】**また、本発明の窒化物半導体素子は、活性層を挟むクラッド層構造を備えており、該クラッド層構造と基板との間に薄膜多層構造を有しており、該薄膜多層構造は高Al組成の層と低Al組成の層から構成されており、該薄膜多層構造の平均Al組成が該クラッド層構造の平均Al組成と等しいか、あるいは該クラッド層構造の平均Al組成より高い平均Al組成を有している。

**【0011】**また、活性層と、該活性層を挟むクラッド層構造とを備えた窒化物半導体素子であって、該クラッド層構造と基板との間に薄膜多層構造を有しており、該薄膜多層構造は高Al組成の層と低Al組成の層から構成されており、該薄膜多層構造の平均Al組成が該クラッド層構造の平均Al組成と等しいか、あるいは該クラッド層構造の平均Al組成より高い平均Al組成を有しており、薄膜多層構造を構成している高Al組成の層と低Al組成の層のいずれかに不純物が添加してある。

**【0012】**

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。本発明の製造方法は、窒化物半導体の成長方法はMOVPE法に限定するものではなく、ハイドライド気相成長法(H-VPE法)や分子線エピタキシー法(MBE法)など、窒化物半導体層を成長させるためにこれまで提案されている全ての方法に適用できる。

**【0013】**(実施の形態1) 図1は第1の実施例を示すGaN系半導体レーザの構造断面図である。図1に示すレーザの作製方法は以下の通りである。

**【0014】**まず、サファイア基板1上に500°CでTMGとNH<sub>3</sub>とを供給してGaNバッファー層2を堆積する。その後、1020°Cまで昇温させ、TMG、SiH<sub>4</sub>、TMA等を供給してn-Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N層3、n-Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層4、n-GaN光ガイド層5、多重量子井戸(MQ

W) 活性層6、p-GaN光ガイド層7、p-Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層8、p-GaNコンタクト層9が順次積層される。p-GaNコンタクト層9およびp-Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層8は、水平横モードの制御のために、リジットライブ状に加工されている。ストライプ幅は3~5ミクロン程度である。p-GaNコンタクト層9上にはp電極10が形成され、リジットの側壁は絶縁膜11で覆われている。絶縁膜11の開口部のp電極10表面と、絶縁膜11の一部には配線電極12が設けられている。また、n-Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N層3の一部が露出するまでエッチングを行った表面には、n電極13が形成されている。

**【0015】**本素子においてn電極13とp電極10の間に電圧を印加すると、MQW活性層6に向かってp電極10から正孔(ホール)がn電極13から電子が注入され、活性層で利得を生じ、405nmの波長でレーザ発振を起こす。MQW活性層6は厚さ2.5nmのGa<sub>0.8</sub>In<sub>0.2</sub>N井戸層と厚さ6.0nmのGaNバリア層から構成されている。

**【0016】**図1に示す構造で特徴的なことは、バッファー層2の直上にn-Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N層3が存在することである。この層の厚さは4ミクロンと十分に厚い。したがって、垂直方向も十分に光を閉じ込めることができ、安定な垂直横モードでレーザ発振を生じることができる。ただし、n-Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層4とn-Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N層3のトータルの厚さが1ミクロン以上であれば、安定な垂直横モードを得ることが可能となる。

**【0017】**図1においてn-AlGaN層3のAl組成は0.13としたが、クラッド層4のAl組成と同じか、高ければ良い。すなわち、クラッド層4の屈折率と同じか、小さい屈折率を有する材料を選択することが垂直モードの安定化のためには重要である。

**【0018】**この構造でn-AlGaN層3を設けた理由は、垂直横モードの安定化のためだけではない。この層の存在でクラックの発生を大きく抑制できるからである。

**【0019】**図1において、n-Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層4と基板との間には、バッファー層を除いて、Al<sub>1</sub>組成の低い層(従来の図5に示されるn-GaN層503)は存在していない。基板(またはバッファー層)から活性層に向けて、n-Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N層3、n-Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層4、n-GaN光ガイド層5と、Al<sub>1</sub>組成が段階的に(単調に)減少している。このような構成とすることで、従来生じていたクラックが発生しないことを筆者らは実験的に見出した。クラック発生を抑制できた原因は、明確にわかっているわけではないが、熱膨張係数の違いに起因する応力の加わる方向が一定となるためと考えられる。冷却時にクラックが生じないことから、活性層を高品質とすることでき、信頼

(4)

5

性の高いデバイスを得ることができる。

【0020】(実施の形態2) 実施の形態1では、垂直横モードの安定化およびクラック抑制のために、単一のAlGaN層3を附加した。ここでは、基板1から活性層へ向けて、段階的あるいは線形的にAl組成が減少する場合について述べる。

【0021】図2に示す構造では、サファイア基板1上に、GaNバッファ層201、n-Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N層202、n-Al<sub>0.16</sub>Ga<sub>0.84</sub>N層203、n-Al<sub>0.12</sub>Ga<sub>0.88</sub>N層204、n-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層205、n-Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層4が積層されている。クラッド層4上の構造は図1の構造と同様である。

【0022】このように多段階でAl組成を減少させることで、図1の構造よりもさらにクラック発生を抑制でき、歩留まりを向上させることができる。

【0023】また、図2の構造はAl組成が図3(a)に示すように階段状に減少しているが、図3(b)のように、バッファー層から活性層に向けて線形的に単調減少させても構わない。この場合、Alを含有する層全体がクラッド層を兼ねている。あくまでAlを含有する層とバッファー層との間にGaN層がないことが、垂直横モードの安定化とクラック抑制のために必要となる。

【0024】(実施の形態3) 実施の形態1および実施の形態2では、クラッド層4とバッファー層との間のAlを含有する層が厚膜の場合について説明した。ここでは、クラック抑制のために特殊な薄膜多層構造を用いる場合について説明する。ここで言う“薄膜”とは、光がその膜の屈折率の変化の影響を大きく受けないくらいの厚さのことを言い、 $\lambda / (4n)$ 以下の膜厚を有する層を言う。ここで、 $\lambda$ はレーザの発振波長、nは層の屈折率である。

【0025】図4はバッファ層とn-GaN光ガイド層の間に設けた層のAl組成分布を示したものである。図4(a)では、n-AlGaNクラッド層にAl組成8% (一定) の層を用いており、クラッド層とバッファー層の間には、特殊な薄膜多層構造が設けられている。この薄膜多層構造は、高Al組成のAlGaN (Al組成=18%) とGaN層から構成されており、膜厚は5nmである。この薄膜多層構造の平均Al組成は9%であり、n-AlGaNクラッド層のAl組成よりも高くしてある。

【0026】薄膜多層構造を構成する層の膜厚は5nmと非常に薄いために、光はその屈折率変化の影響を受けることはない。したがって、光は薄膜多層構造の平均的な屈折率によって閉じ込められることになる。薄膜多層構造のトータルの厚さは1ミクロン程度であり、安定な垂直横モードでレーザ発振することができる。効果的に光を閉じ込めるために、AlGaN層のAl組成は0.1以上が望ましい。

【0027】実施の形態1および実施の形態2では、A

6

lを含有する層とバッファー層との間にGaN層がないことがクラック抑制のために必要となると説明した。図4においては、クラッド層の下部にGaN層(5nm)が存在していることになる。しかしながら、非常に薄くし、また多層構造として、冷却時におけるクラック発生を抑制できることが実験的にわかっている。GaN層を挟んでいるAl<sub>0.18</sub>Ga<sub>0.82</sub>N層が熱収縮による歪みを緩和しているためと思われる。すなわち、歪緩和層として機能している。

【0028】図4(b)では、クラッド層も薄膜多層構造(図中では第二の薄膜多層構造と記載)となっている。ここで、クラッド層の平均Al組成が、クラッド層下部の第一の薄膜多層構造の平均Al組成よりも低くしてあり、このことがクラック抑制には大切である。

【0029】図4では、高Al組成の層としてAl<sub>0.18</sub>Ga<sub>0.82</sub>Nを低Al組成の層としてGaNを用いて説明したが、Al組成に差があればよく、いずれの層もAlを含有しても構わない。

【0030】さらにクラックを抑制するためには、不純物のドーピング量を低減させることも効果的である。

【0031】アンドープAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N ( $0 \leq x \leq 1$ )に比べn型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Nの方がクラックが発生しやすい傾向にある。図4において、薄膜多層構造を構成する層のいずれか一方に不純物を添加することで、よりクラック発生を抑えることができる。特に、バンドギャップの大きなAlGaN層にドーピングする方が、多数キャリア(電子)の活性層への注入を妨げることがないため、望ましい。n型不純物としては、SiやSeが望ましい。

【0032】本発明では、GaN系半導体レーザを例に取って説明したが、発光ダイオードや電子デバイス等の活性領域を成長させる際にも本発明の効果は大きいことは言うまでもない。発光ダイオードではクラックの発生を抑制でき、高品質の活性層が得られるために、発光効率を向上させることができる。また、電子デバイスではキャリアの移動度が大きく向上する。

【0033】また、実施の形態1～実施の形態3まで個々に説明したが、これらを組み合わせても本発明の効果は大きいことは言うまでもない。例えば、図4の薄膜多層構造のAl組成を活性層へ向かって徐々に減少させてよい。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のGaN系半導体素子は、基板とクラッド層との間に、該クラッド層のAl組成と等しいか、あるいは該クラッド層のAl組成より高いAlを含有するGaN系半導体層(ただし、バッファー層は除く)を有することにより、クラックを抑制することが可能となって該クラッド層上に高品質の活性層が積層でき、同時に垂直横モードを安定化させることが可能となり、結果として信頼性が高く、かつ光ディス

(5)

7  
クに用いる際に不具合の生じないデバイスを得ることができる。

【0035】また、本発明のGaN系半導体素子は、活性層を挟むクラッド層構造を備えており、該クラッド層構造と基板との間に薄膜多層構造を有しており、該薄膜多層構造は高Al組成の層と低Al組成の層から構成されており、該薄膜多層構造の平均Al組成が該クラッド層構造の平均Al組成と等しいか、あるいは該クラッド層構造の平均Al組成より高い平均Al組成を有しており、そのために、クラック抑制により高品質の活性層が積層でき、同時に垂直横モードを安定化させることができとなり、結果として信頼性が高く、かつ光ディスクに用いる際に不具合の生じないデバイスを得ることができる。

【0036】また、薄膜多層構造を構成している高Al組成の層と低Al組成の層のいずれかに不純物が添加してあることで、さらにクラック発生を防止でき、高品質の活性層を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示すGaN系半導体レーザの素子断面図

【図2】本発明の第2の実施の形態を示すGaN系半導体レーザの素子断面図

【図3】AlGaN層のAl組成のプロファイルを示す図

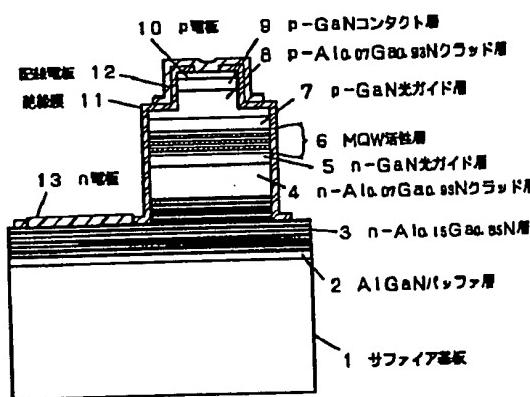
【図4】AlGaN層のAl組成のプロファイルを示す図

【図5】従来のGaN系量子井戸半導体レーザの素子断面図

【図6】従来の課題を説明するための図で、半導体レーザの構成材料の屈折率分布と光の分布を示した図

【図7】従来の課題を説明するための図

【図1】

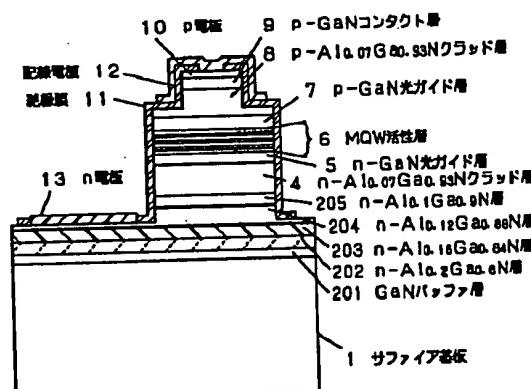


8

【符号の説明】

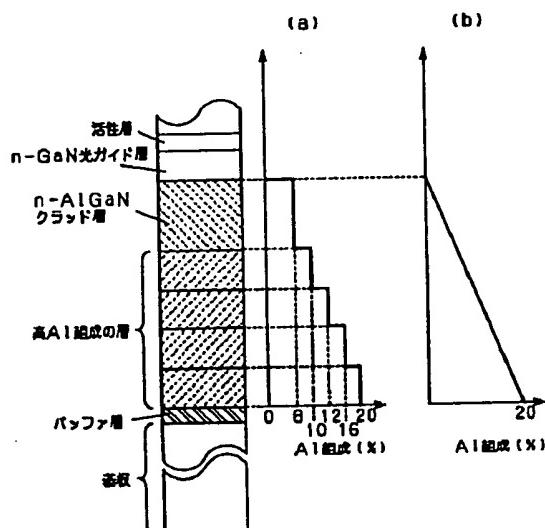
- |     |  |
|-----|--|
| 1   | サファイア基板  |
| 2   | バッファー層   |
| 3   | n-Al <sub>0.15</sub> Ga <sub>0.85</sub> N層     |
| 4   | n-Al <sub>0.07</sub> Ga <sub>0.93</sub> Nクラッド層 |
| 5   | n-GaN光ガイド層                                     |
| 6   | MQW活性層   |
| 7   | p-GaN光ガイド層                                     |
| 8   | p-Al <sub>0.07</sub> Ga <sub>0.93</sub> Nクラッド層 |
| 9   | p-GaNコンタクト層                                    |
| 10  | p電極  |
| 11  | 絶縁膜  |
| 12  | 配線電極   |
| 13  | n電極  |
| 201 | GaNバッファー層                                      |
| 202 | n-Al <sub>0.2</sub> Ga <sub>0.8</sub> N層       |
| 203 | n-Al <sub>0.16</sub> Ga <sub>0.84</sub> N層     |
| 204 | n-Al <sub>0.12</sub> Ga <sub>0.88</sub> N層     |
| 205 | n-Al <sub>0.1</sub> Ga <sub>0.9</sub> N層       |
| 301 | サファイア基板  |
| 302 | バッファー層   |
| 303 | n-GaN層   |
| 304 | n-AlGaNクラッド層                                   |
| 305 | n-GaN光ガイド層                                     |
| 306 | MQW活性層   |
| 307 | p-GaN光ガイド層                                     |
| 308 | p-AlGaNクラッド層                                   |
| 309 | p-GaNコンタクト層                                    |
| 310 | p電極  |
| 311 | SiO <sub>2</sub>                               |
| 312 | n電極  |

【図2】

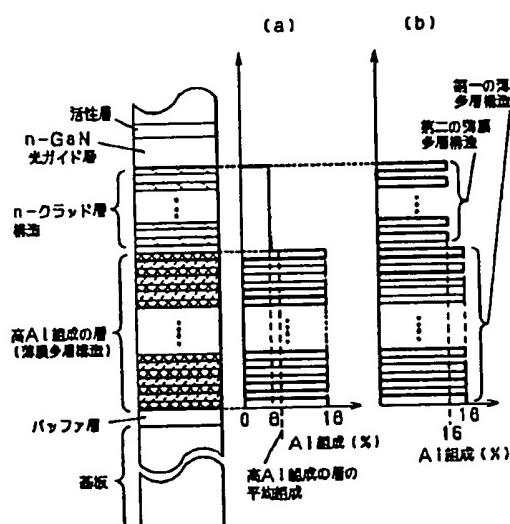


(6)

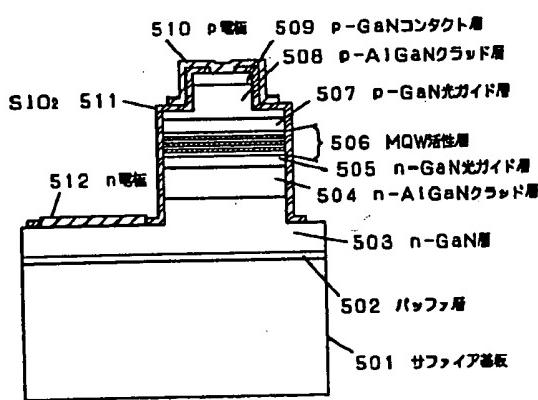
【図3】



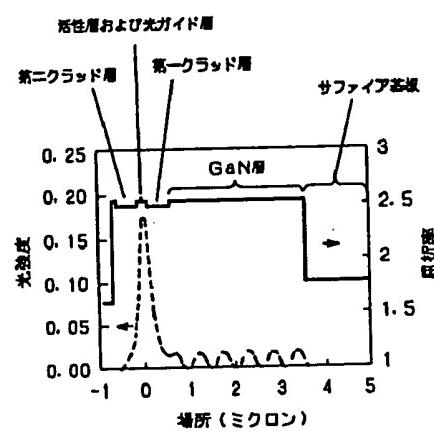
【図4】



【図5】

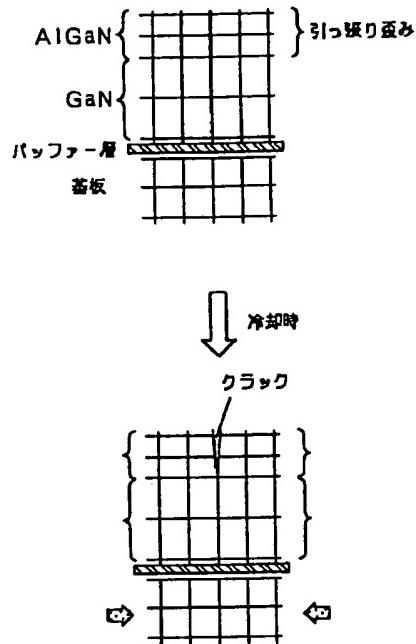


【図6】



(7)

【図7】



## 【手続補正書】

【提出日】平成12年4月19日(2000.4.1  
9)

## 【手続補正】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

## 【補正内容】

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】活性層と、前記活性層を挟むクラッド層とを備えた窒化物半導体素子であって、前記活性層と基板との間に前記基板よりも熱膨張係数の小さな第一のクラッド層がAlを含有しており、さらに前記第一のクラッド層と基板との間に、前記第一のクラッド層のAl組成と等しいか、あるいは前記第一のクラッド層のAl組成より高いAlを含有する窒化物半導体層（ただし、バックアーレイは除く）を有している窒化物半導体素子。

【請求項2】活性層と、前記活性層を挟むクラッド層構造とを備えた窒化物半導体素子であって、前記クラッド層構造と基板との間に薄膜多層構造を有しており、前記薄膜多層構造は高Al組成の層と低Al組成の層から構成されており、前記薄膜多層構造の平均Al組成が前記クラッド層構造の平均Al組成と等しいか、あるいは前記クラッド層構造の平均Al組成より高い平均Al組成を有しており、前記薄膜多層構造を構成している高Al組成の層と低Al組成の層のいずれかに不純物が添加してあり、前記クラッド層構造の熱膨張係数が前記基板の熱膨張係数よりも小さいことを特徴とする窒化物半導体素子。

基板の熱膨張係数よりも小さいことを特徴とする窒化物半導体素子。

【請求項3】薄膜多層構造を構成している層の厚さが $\lambda / (4n)$ 以下である請求項2に記載の窒化物半導体素子。

【請求項4】活性層と、前記活性層を挟むクラッド層構造とを備えた窒化物半導体素子であって、前記クラッド層構造と基板との間に薄膜多層構造を有しており、前記薄膜多層構造は高Al組成の層と低Al組成の層から構成されており、前記薄膜多層構造の平均Al組成が前記クラッド層構造の平均Al組成と等しいか、あるいは前記クラッド層構造の平均Al組成より高い平均Al組成を有しており、前記薄膜多層構造を構成している高Al組成の層と低Al組成の層のいずれかに不純物が添加してあり、前記クラッド層構造の熱膨張係数が前記基板の熱膨張係数よりも小さいことを特徴とする窒化物半導体素子。

【請求項5】薄膜多層構造を構成している高Al組成の層に不純物が添加してある請求項4に記載の窒化物半導体素子。

【請求項6】高Al組成の層が $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0.1 < x \leq 1$ )であることを特徴とする請求項2から5のいずれかに記載の窒化物半導体素子。

(8)

フロントページの続き

(72)発明者 伴 雄三郎  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

Fターム(参考) 5F041 AA40 CA04 CA05 CA34 CA40  
CA46  
5F073 AA13 AA51 AA74 BA06 CA07  
CB06 EA29